

非線形システム概論2005

まとめ，最新研究紹介，最終課題

池口 徹

埼玉大学 大学院 理工学研究科 情報数理科学専攻

工学部 情報システム工学科

338-8570 さいたま市 桜区 下大久保 255

Tel : 048-858-3577, Fax : 048-858-3716

Email : tohru@ics.saitama-u.ac.jp

URL : <http://www.nls.ics.saitama-u.ac.jp/~tohru>

非線形システム概論 2005 / 池口 徹 - p.1/39

講義のキーワード

講義の内容を漢字三文字

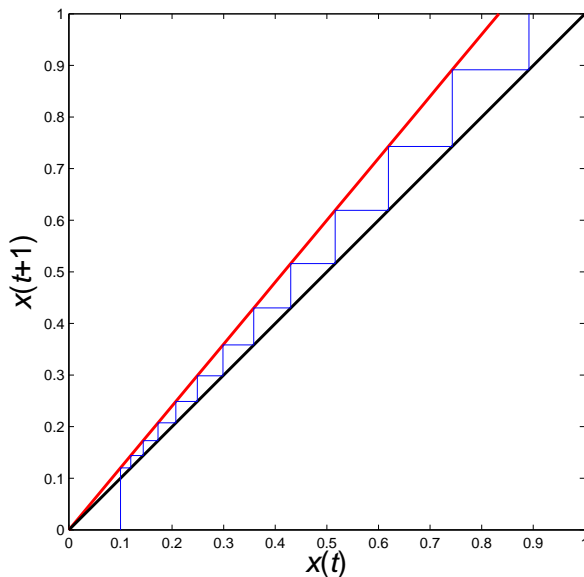
で表すと？

非線形システム概論 2005 / 池口 徹 - p.2/39

なぜ非線形ダイナミクスか？

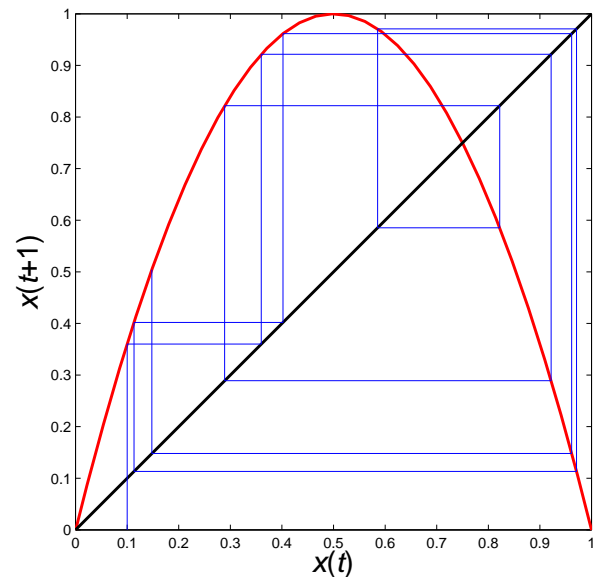
線形なダイナミクス

$$x(t+1) = 1.2x(t)$$



非線形なダイナミクス

$$x(t+1) = 4x(t)(1-x(t))$$



状態が発散する → あり得ない

非線形システム概論 2005 / 池口 徹 - p.3/39

講義のまとめ

- 非線形ダイナミカルシステムの導入
 - 蠅の個体数のモデリング
 - 1次元非線形写像 (ロジスティック写像) の振る舞い
 - 固定点, 周期解, カオス, 安定性, 不安定性, 分岐
- 多次元非線形ダイナミカルシステムの基礎
 - エノン写像, 池田写像
 - 固定点, 周期解, カオス, 安定性, 不安定性, 分岐
 - テーラ展開
 - 固有値問題
- 複雑ネットワーク入門
 - 実世界に存在するネットワークの特徴
 - 非線形素子がどのように結合するのか

非線形システム概論 2005 / 池口 徹 - p.4/39

1. 複雑な現象の予測

複雑な現象は _____ である。従来手法では困難とされている複雑現象を _____ して、世の中の役に立つ。

2. 脳の情報処理原理の解明

我々の脳は、非線形な演算素子であるニューロンが、複雑に結び付きあっている。 _____ が用いられているのか。 _____ の情報処理原理を明らかにし、 _____ を目指すことで、世の中の役に立つ。

3. 組合せ最適化問題の高速解法の開発

工学にいれば必ず出会う組み合わせ最適化。NP 困難な大規模組み合わせ最適化問題を _____ 解くためのアルゴリズムを開発して、世の中の役に立つ。

4. 複雑ネットワーク理論の応用

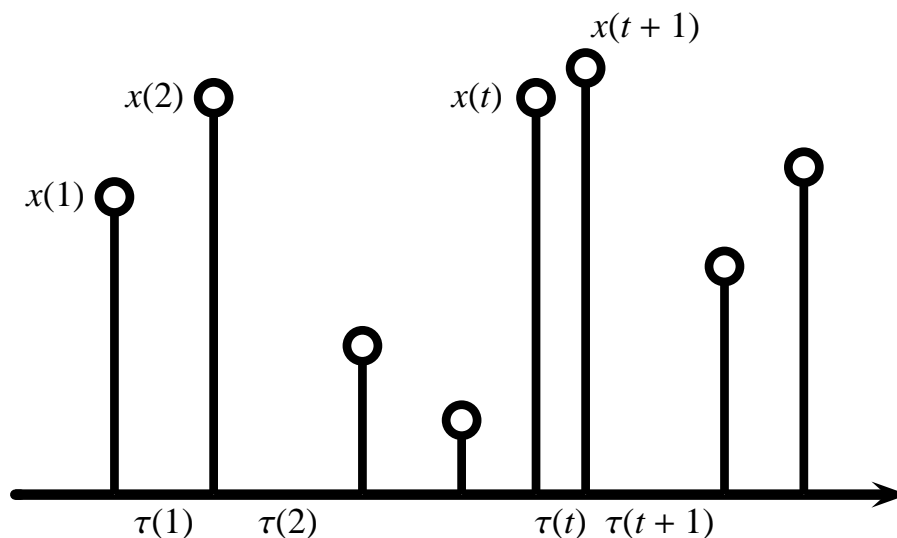
我々の身の回りには複雑ネットワーク (SW, SF, etc) があふれている。ネットワーク思考に非線形ダイナミクス理論を _____ して、世の中の役に立つ。

現在取り組んでいる研究課題

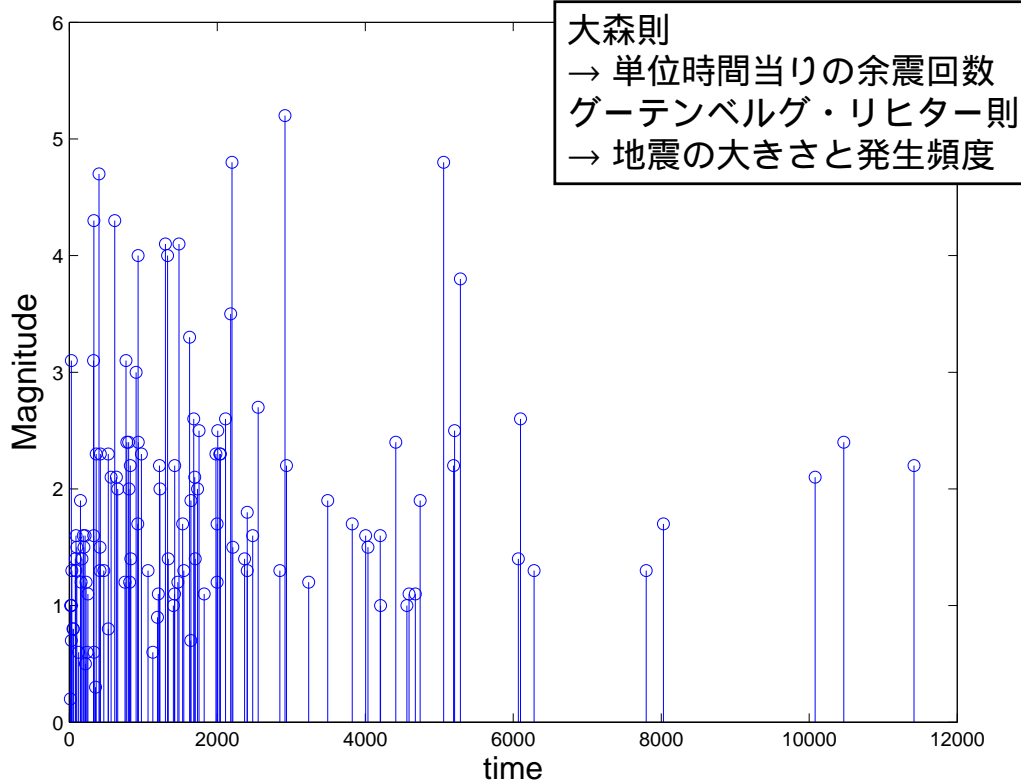
1. 複雑な現象の予測

新しいフレームワークの構築

「いつ」、「どこで」、「どの程度」の事象が発生したか?



地震の発生時刻とマグニチュードの例



非線形システム概論 2005 / 池口 徹 - p.7/39

現在取り組んでいる研究課題

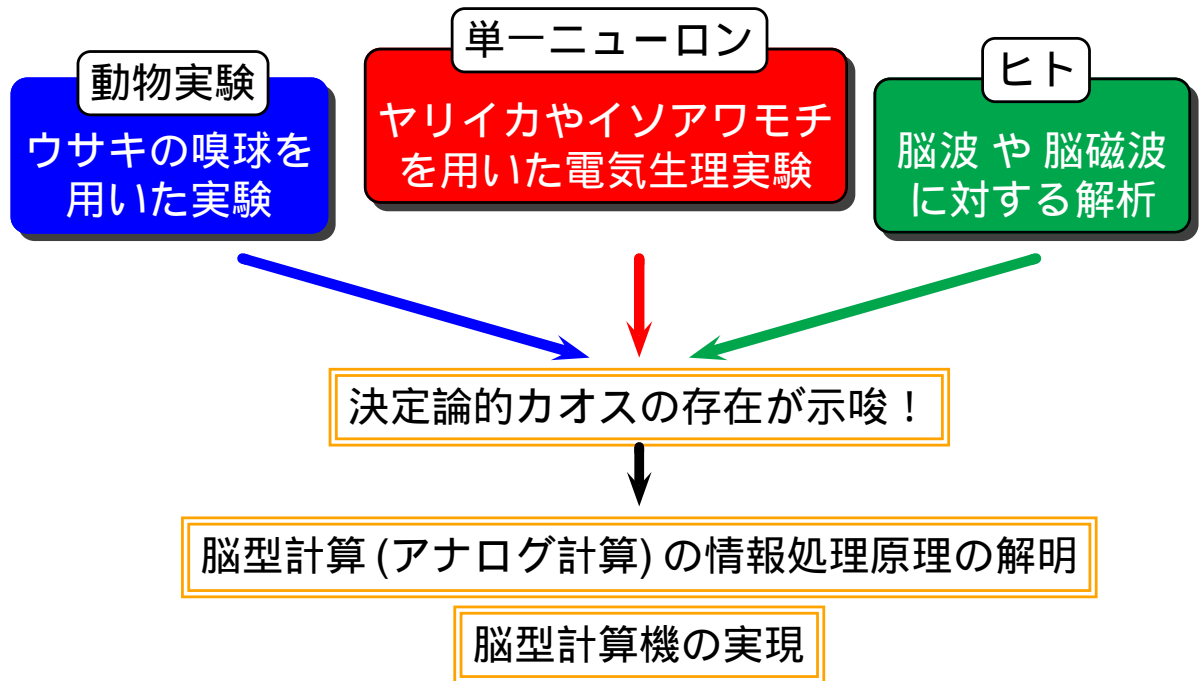
1. 複雑な現象の予測 – 具体例 –

- 地震発生機構の解明と予測システムの構築
- 局所天候予測 (降雨予測)
- 雷発生予測システムの構築
- 交通流量予測, バス運行間隔予測
- スギ花粉量予測, 天候・花粉症患者数との因果解析
- インターネット上のトラフィック量の解析
- 日経平均株価, 為替相場などの解析と予測
- 神経スパイクの統計的解析
- 感染症患者数の解析と流行予測
- 農作物の隔年豊凶現象の予測と制御
- 脳波, 脈波の解析によるヒトの状態診断
- 音声信号の非線形解析と音声合成

非線形システム概論 2005 / 池口 徹 - p.8/39

現在取り組んでいる研究課題

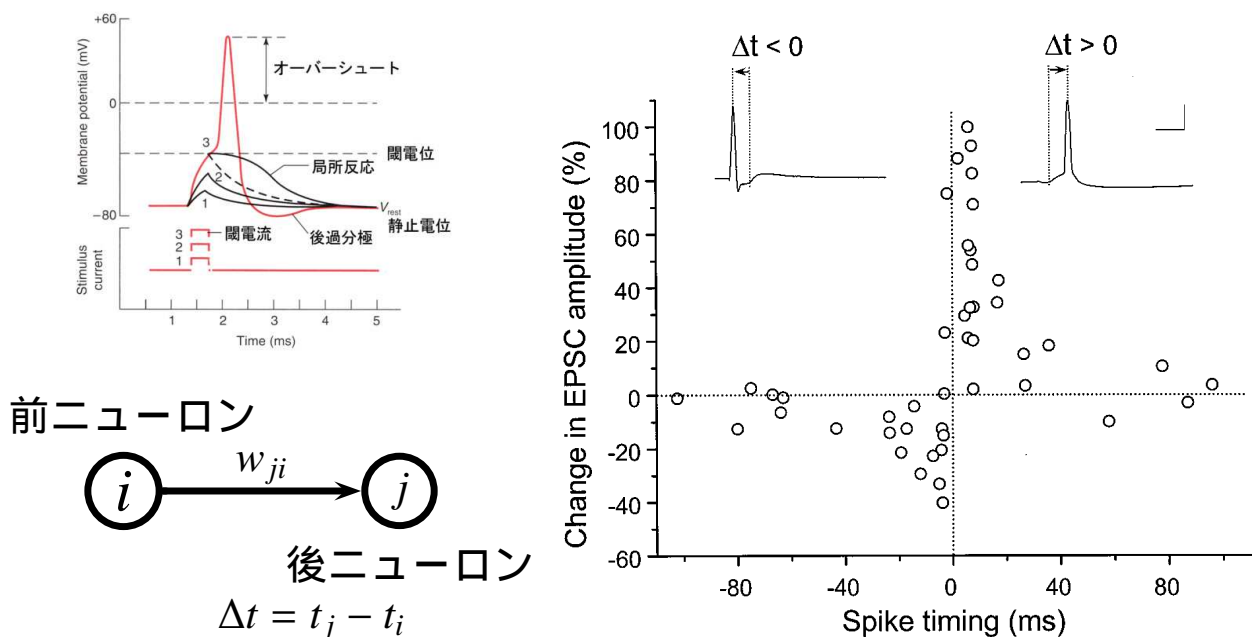
2. 脳の情報処理原理の解明



現在取り組んでいる研究課題

2. 脳の情報処理原理の解明

スパイクタイミングに依存した学習則 (STDP)



現在取り組んでいる研究課題

2. 脳の情報処理原理の解明-具体例-

- ニューラルネットワークのモデルにカオスを導入したら、
どんな現象が観測されるか?
- 脳において用いられている情報表現に関する仮説
 - ニューロンの発火タイミング (テンポラルコーディング)
 - ニューロンの発火率 (レートコーディング)⇒ デュアルコーディング仮説に基づく解析
- スパイクタイミングに依存した学習則 (STDP)
- ニューロンモデルの新しいクラス分類

{ クラスⅠ サドル・ノード分岐
{ クラスⅡ ホップ分岐

⇒ いろいろなニューロンモデルに対する解析に基づく、
新しいクラス分類の可能性について検討

現在取り組んでいる研究課題

3. 組み合わせ最適化問題の高速な解探索法の開発

組み合わせ最適化問題とは?

- 施設配置
- スケジューリング
- 基盤配線 (回路設計)
- 配送計画 (ロジスティクス)
- バイオ・インフォマティクス

⇒ どのような分野にも
現れる重要課題

厳密な最適解を求めることは非常に難しい

出来るだけ良好な解を，出来るだけ短時間 → _____

→ _____ による
組み合わせ最適化問題へのアプローチ

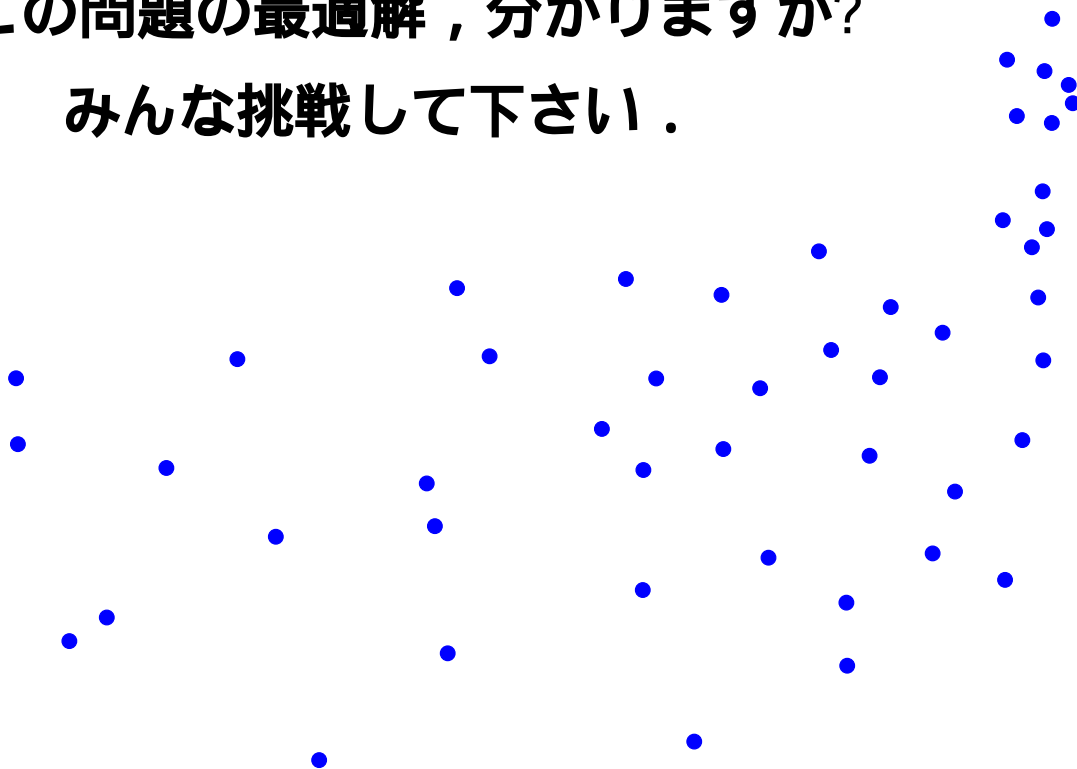
巡回セールスマン問題

- Travelling Salesman Problem (TSP)
- 組み合わせ最適化問題の中でも，最も有名な問題の一つ
 - セールスマンが， N 個の都市を，少なくとも一回，必ず一回訪問し，出発点の都市に戻らなくてはならない．
 - 最も短い経路 (最適解) を求めよ．

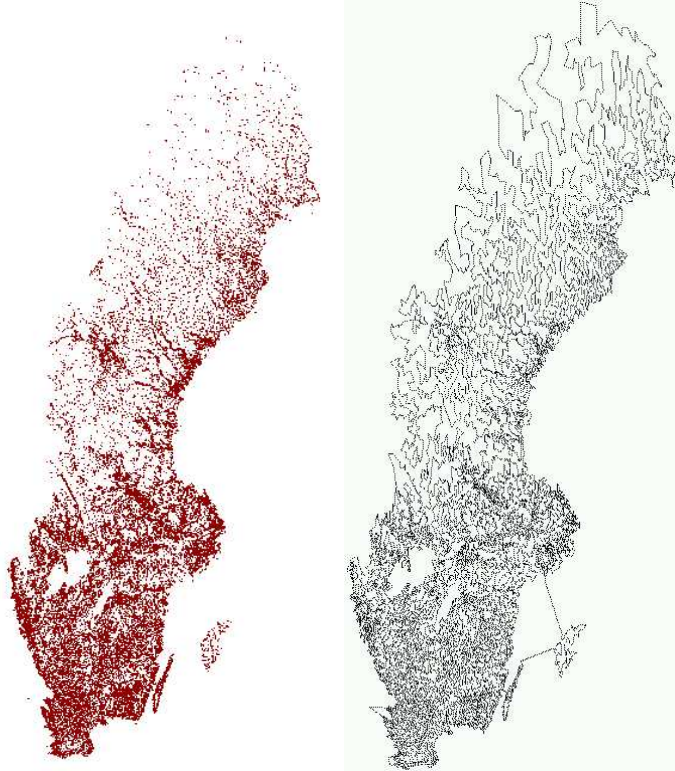
巡回セールスマン問題の例

この問題の最適解，分かりますか？

みんな挑戦して下さい．



最適解が分かっている最大サイズの問題



sw24978

非線形システム概論 2005 / 池口 徹 - p.16/39

巡回セールスマン問題

- 組み合わせ最適化問題の中でも，最も有名な問題の一つ
 - セールスマンが， N 個の都市を，少なくとも一回，必ず一回訪問し，出発点の都市に戻らなくてはならない．
 - 最も短い経路 (最適解) を求めよ．
- 都市の数が大きくなければ，それほど難しくない．
- でも 20 都市程度でも全解探索は不可能． 10^6 (1 テラ) MIPS のスパコンでも宇宙の年齢 (150 億年) の約 6 倍かかる．



短い時間で，最適解に近い近似解を見つけることが大事!



カオスを用いたアプローチ ⇒ _____

非線形システム概論 2005 / 池口 徹 - p.17/39

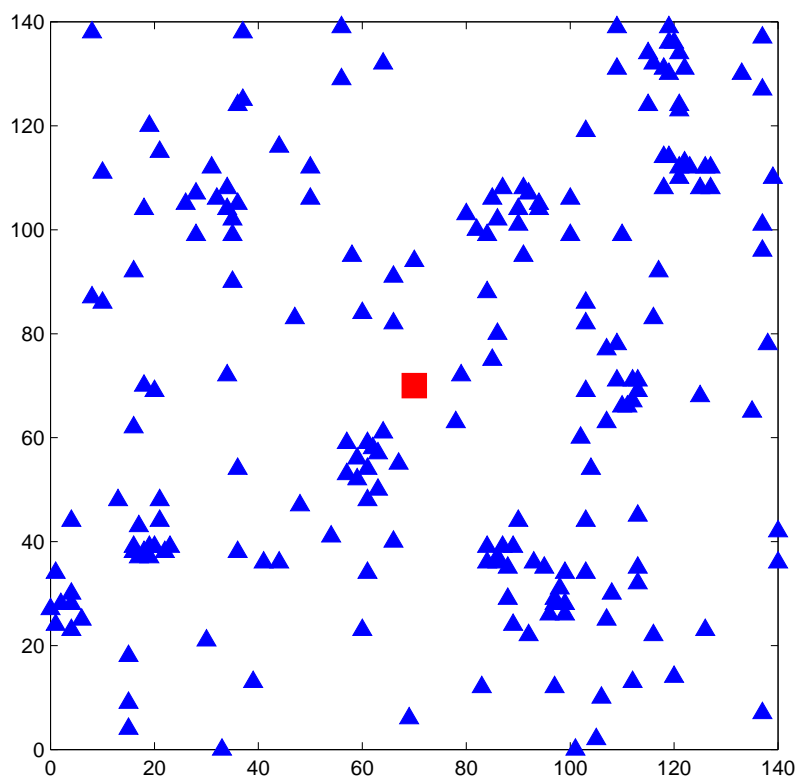
現在取り組んでいる研究課題

3. 組み合わせ最適化問題の高速な解探索法の開発— 具体例 —

- ❑ 巡回セールスマン問題，2次割当問題
- ❑ パケットルーティング問題
- ❑ DNA，アミノ酸配列のモチーフ解析
- ❑ 配送計画問題，コンクリートミキサー車の配車計画
- ❑ 画像の領域分割
- ❑ 時間割作成問題
- ❑ グラフ分割問題，基板配線，基盤穿孔，VLSI設計
- ❑ カオスアントシステム (構築法とカオスの融合)
- ❑ アナログ回路による専用ハードウェアの開発との協調的なアルゴリズム開発
- ❑ カオスダイナミクスを用いた手法と量子計算との関連

非線形システム概論 2005 / 池口 徹 - p.18/39

配送計画問題



非線形システム概論 2005 / 池口 徹 - p.19/39

複雑ネットワーク理論の応用

- 我々の身の回りにあるネットワークには、構造的な特徴があるのだろうか？⇒ _____
- どのような特徴だろうか？
 - _____ World
 - _____ Free
 - etc...
- それはどのように形成されるのだろうか？
 - _____ rewiring
 - _____ with _____
 - etc...

非線形システム概論 2005 / 池口 徹 - p.20/39

複雑ネットワーク理論の応用

- このようなことを考えると何が解決できるのか？
 - なぜインターネットはルータの故障に対して頑健なのか？
 - なぜ金持ちはますます金持ちになるのか？
⇒ _____ の法則
 - 金持ちがますます成功する社会で、
新規参入者はどうすれば生き残れるのか？
 - 有限な予算で病気の感染拡大を防ぐにはどうすべきか？
 - ブラックアウトを防ぐ手立てはあるのか？
 - 良い就職口を探すにはどうすれば良いか？
- 非線形ダイナミカルシステムと関係があるのか？ ⇒ _____



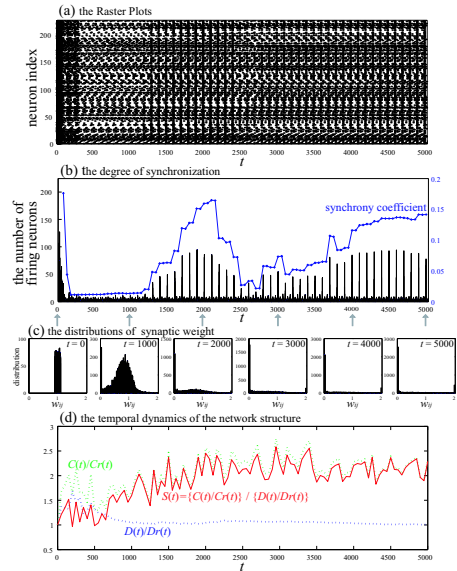
非線形システム概論 2005 / 池口 徹 - p.21/39

現在取り組んでいる研究課題

4. 複雑ネットワーク理論の応用

Spike Timing Dependent Plasticity 学習則によるニューラルネットワークの構造変化

- _____ 応答の観測
- スモール・ワールド・ネットワークへ _____ に変化
- _____ グラフへの拡張
- _____ への拡張



非線形システム概論 2005 / 池口 徹 - p.22/39

現在取り組んでいる研究課題

4. 複雑ネットワーク理論の応用- 具体例 -

- 神経回路網における STDP 学習則により自律的に導かれるネットワークの定量化
- 多次元計測データからのネットワーク構造の推定
- 会社間の取引関係に関する複雑ネットワーク論的解析
- 遺伝子ネットワークの複雑ネットワーク論的解析
- 鉄道網の複雑ネットワーク論的解析とダイヤ作成への応用
- 道路網の複雑ネットワーク論的解析に基づく新しい渋滞解消モデル
- 植物の隔年結実現象・一斉開花現象を説明する複雑ネットワークモデル

非線形システム概論 2005 / 池口 徹 - p.23/39

その他の研究課題

- ノイズ源としてのカオス
- カオス振動が人体に与える影響の解析
 - マッサージ機
 - 歯ブラシ
 - 剃刀
 - 携帯電話
- カオスの特徴の一つ、初期値鋭敏依存性を用いたパターン認識アルゴリズムの開発と偽札認識への応用
- カオス暗号、カオス通信、カオス乱数
- 量子カオス
- スーパーチューリングマシンとコンプレックス・カオス力学系 (一般化写像)
- カオスゆらぎの応用
- 画像圧縮

非線形システム概論 2005 / 池口 徹 - p.24/39

研究の目標

我々が生きる世界における様々な現象の本質は非線形性にある。非線形性を積極的に導入した解析技法を駆使することによって、世界に存在する様々な非線形問題を解決する。



非線形問題解決軍団
池口研究室



非線形システム概論 2005 / 池口 徹 - p.25/39

最終課題の内容

□ この講義の内容を以下の観点からまとめなさい。

1)

2)

3)

注1 大学生らしい文章を書くこと。
意味不明な文章は採点対象としない。

注2 自分で考えること。
他人のものを写したと考えられるものは採点対象としない。

注3 丁寧な字で書くこと。
汚い字，判読不明な字で記述されたものは採点対象としない。

最終課題の体裁および提出方法

□ 提出体裁・様式

- 表紙不要
- 1 ページ目に学籍番号，氏名を記載。
- 用紙サイズは A4。

注4 上記の提出様式違反は採点対象外とする。

□ 提出期間・方法等

- 提出期間 本日～ 8月18日(木) 17:00まで
- 提出場所 総合研究棟 5F の池口の居室 (506 室)
- 提出方法 池口宛直接とする。その場で提出レポートに基づく口頭試問を行う。

注5 口頭試問を受けないレポート提出は理由の如何を問わず採点対象外とする。

注6 あらかじめアポを取る等してくれても良いです。

アンケートについて

- 講義名 非線形システム概論
- 担当者 池口 徹
- 講義番号 T73480
- 裏にも自由なコメントを書いてください。
- 提出は，今日のコメント用紙とあわせて，TAの保坂君へ！